

## OCENA STANU TECHNICZNEGO JAZU ZBIORNIKÓW WODNYCH W ZESŁAWICACH NA RZECE DŁUBNI

### TECHNICAL STATE ASSESSMENT OF A WEIR OF THE DAM WEIR OF THE ZESŁAWICE WATER RESERVOIRS

Bogusław Michalec

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Tomasz Suwaj

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono metodykę i wyniki oceny stanu technicznego betonowej budowli wodnej; ocenę tę przygotowano w ramach diagnostyki jednoetapowej. Do oceny wytypowano jaz zapory zbiorników wodnych w Zesławicach. Celem pracy, poza opracowaniem oceny technicznej badanego obiektu, było wykazanie wpływu kompetencji osób dokonujących tej oceny na jej wynik. Ocenę stanu technicznego jazu wykonano zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Zawadzkiego [2005], w dwóch fazach. W każdej fazie diagnozy uczestniczyło osiem dwu-, trzyosobowych grup inżynierów – słuchaczy studiów dziennych drugiego stopnia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Określono zmianę wyników za pomocą różnicy sum kwadratów reszt, obliczonej na podstawie wyników ocen drugiego i pierwszego etapu. Wyniki ocen studentów odniesiono do wyników oceny eksperta – opiekuna studentów w czasie zajęć terenowych.

Ocena stanu technicznego jazu zapory zbiorników wodnych w Zesławicach wskazuje na stan niespełna dobry – według eksperta wynosi ona 3,9. Średnia z ocen końcowych pierwszego etapu ośmiu grup to 3,1. W drugim etapie, po instruktażu opiekuna, średnia z ocen końcowych ośmiu grup studentów wynosiła 3,7. Badania dotyczące wpływu kompetencji osób dokonujących oceny technicznej budowli wodnej na wynik tej oceny wykazały, iż niedostateczna wiedza i brak doświadczenia osób kontrolujących stan techniczny przyczynia się zaniżeniu wyników oceny.

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Bogusław Michalec, prof. UR, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl; mgr Tomasz Suwaj, doktorant, Katedra Systemów Obliczeniowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków, e-mail: suwaj.tomasz@gmail.com

**Abstract.** Methodology and the results of the assessment of the technical state of the concrete water building were introduced in this work, worked out in frames one-stage diagnostics. The weir of the dam of water reservoirs in Zesławice was chosen to the assessment. Apart from the study of the technical assessment of the studied object, indication of the competence effect of persons making the assessments of the technical water building on the result of this assessment was the aim of the work. The assessment of the technical state of the weir was executed according to the methodology proposed by Zawadzki [2005]. The technical assessment of the hydro-building was executed in two phasis. The second phasis of the diagnostics was executed after instructions. In every phasis of the diagnosis was participated eight groups of engineers – the students of the second degree studies in Environmental Engineering and Geodesy Faculty Agricultural University in the Cracow. The change of results was defined for the help of the difference of the sums of the squared residuals, calculated on the basis of the results of the assessments of second and first phasis of the diagnostics. The results of the students assessments were referred to the results of the expert opinion.

The conducted technical state assessment of the dam weir of water reservoirs in Zesławice shows on the more less than good state – the assessment according to the expert carries out 3.9. Average from final assessments of first phasis of eight groups carried out 3.1. However in second phasis of the assessment, after the instruction, average from final assessments of the eight groups of students carried out 3.7. It was stated that initiated investigations relating to the impact of the competence of persons making the technical assessments of the water building on the result of this assessment showed, that unsatisfactory knowledge and the lack of experience contributes to lowering the results of the assessment.

**Słowa kluczowe:** jaz, zbiornik wodny, ocena stanu technicznego, suma kwadratów reszt

**Key words:** weir, water reservoir, technical state assessment, sum of the squared residuals

## WSTĘP

W Polsce wiele budowli hydrotechnicznych, zwłaszcza tzw. budowli wodno-melioracyjnych, powstałych w latach 50. i 60. ubiegłego wieku, wymaga remontów. Każda z tych budowli, niezależnie od przewidywanych prac remontowych, mających na celu poprawę warunków eksploatacji, a niejednokrotnie bezpieczeństwa, powinna zgodnie z zapisem Prawa wodnego [Ustawa... 2001] podlegać kontrolom stanu technicznego. Zgodnie z art. 64, pkt. 3 tej ustawy właściciel budowli piętrzącej jest obowiązany zapewnić prowadzenie badań i pomiarów umożliwiających ocenę stanu oraz bezpieczeństwa budowli. W przypadku budowli hydrotechnicznych zaliczanych do klasy I i II, będących własnością Skarbu Państwa i zarządzanych przez Ministra Środowiska, z mocy ustawy Prawo wodne (art. 64 ust. 4) kontrole techniczne i oceny ze względu na stan techniczny i stan bezpieczeństwa wykonuje Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Natomiast zgodnie z ustawą Prawo budowlane wszystkie budowle powinny być kontrolowane i oceniane przez rzeczoznawców budowlanych i inżynierów z uprawnieniami budowlanymi odpowiedniej specjalności. Praktyka wykazuje, że warunki te nie są dotrzymywane i wielu ocen dokonują osoby niekompetentne albo też oceny nie spełniają wymaganych kryteriów.

Kontrole stanu technicznego obiektów hydrotechnicznych wykonywane są jako okresowe, pośrednie, bieżące i specjalne. Jednym z elementów tych kontroli są inwentaryzacje konstrukcji i oceny jej stanu polegające na [Kledyński 2006]:

- określeniu wyglądu i stanu elementów stałych, elementów ruchomych i urządzeń pomiarowo-kontrolnych;
- sprawdzeniu występowania pęknięć, ubytków, odsłonień zbrojenia, nacieków i przesiąków, przebarwień, porostów na elementach stałych (korpus, przyczółki, ubezpieczenia);
- ocenie stanu zamknięć i mechanizmów wyciągowych oraz ich konserwacji, a także występowania korozji i odkształceń elementów ruchomych;
- sprawdzeniu wyposażenia budowli w urządzenia kontrolno-pomiarowe, a w szczególności w repery, piezometry oraz wodowskazy od strony górnej i dolnej wody.

Ocenę stanu technicznego betonowej budowli wodnej można przeprowadzić na podstawie diagnostyki jednoetapowej i dwuetapowej. Zakres diagnostyki jednoetapowej obejmuje analizę dokumentacji i warunków eksploatacji wraz z oceną agresywności środowiska, inwentaryzację konstrukcji i ocenę jej stanu, badania *in situ* materiałów i elementów (badania wytrzymałościowe, fizyczne, chemiczne, geodezyjne, geotechniczne, zabezpieczeń przeciwkorozyjnych i specjalne), badania laboratoryjne wybranych próbek, analizy stanu granicznego nośności i stanów użytkowania oraz ocenę (diagnozę) konstrukcyjną obiektu lub fragmentu (elementu) konstrukcji. Natomiast w ramach diagnostyki dwuetapowej w pierwszym etapie przeprowadza się ogólną analizę dokumentacji i warunków eksploatacji, ogólne badania i szacunkową ocenę materiałów i wstępną ocenę elementu lub całej konstrukcji. Drugi etap obejmuje wykonanie szczegółowej analizy dokumentacji, warunków eksploatacji i pracy konstrukcji, badania *in situ* materiałów i elementów, badania laboratoryjne wybranych próbek, analizę stanu granicznego nośności i stanów użytkowania konstrukcji lub jej elementu oraz ocenę (diagnozę) ostateczną konstrukcji obiektu lub fragmentu (elementu) konstrukcji.

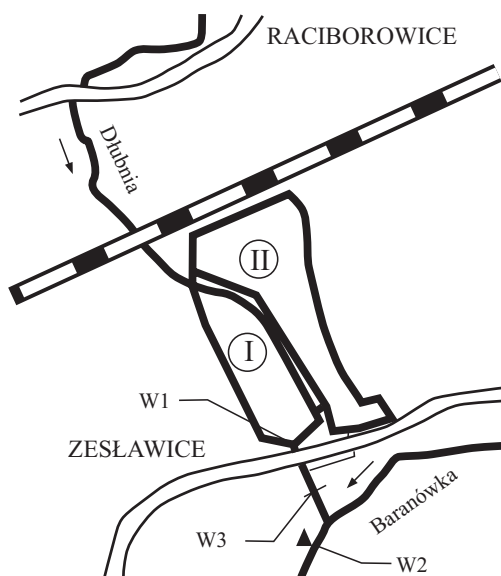
W pracy dokonano oceny technicznej budowli piętrzącej w ramach diagnostyki jednoetapowej. Do oceny wytypowano jaz zapory zbiorników wodnych w Zesławicach. Celem pracy było opracowanie oceny technicznej badanego obiektu oraz wykazanie wpływu kompetencji osób dokonujących oceny technicznej budowli wodnej na wynik tej oceny.

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Zapora dwóch zbiorników wodnych w Zesławicach (rys. 1), znajdujących się w km 8+700 rzeki Dłubni, zamyka zlewnię terenów podgórskich o powierzchni 218 km<sup>2</sup>. Zbiorniki te jako obiekty hydrotechniczne zaliczane są do czwartej klasy budowli. W 1966 r. powstał pierwszy zbiornik stanowiący główny polder przeciwpowodziowy o pojemności 228 tys. m<sup>3</sup>, którego celem była ochrona terenów ówczesnej Huty im. Lenina [Instrukcja gospodarowania wodą... 2003]. Z biegiem lat zbiornik ulegał nadmiernemu zamuleniu, a jego pojemność użyteczna malała [Bednarczyk 1994]. W latach 1986–1987 wybudowano zbiornik II, zwany również remontowym. Jego pojemność wynosiła 198 tys. m<sup>3</sup>.

W skład urządzeń wodnych wchodzi przelewy i przepusty na wlotach do zbiorników oraz urządzenia upustowe wraz z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi w postaci reperów służących sprawdzaniu ewentualnych osiadań obiektu.

Jaz żelbetowy trójprzęsłowy pełni funkcje upustu wody z głównego zbiornika (rys. 2). Zamknięcia jazu stanowią stalowe zasuwki płaskie o ręcznym napędzie mecha-



Rys. 1. Zbiorniki wodne w Zesławicach: I – zbiornik główny, II – zbiornik remontowy  
 Fig. 1. Water reservoirs at Zesławice: I – main reservoir, II – assistant reservoir



Rys. 2. Jaz zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni  
 Fig. 2. The weir of the dam weir of the Zesławice water reservoirs on the river Dłubnia

nicznym. Zasuwy skrajne mają szerokość 3,40 m, natomiast zasuwa środkowa jest nieco węższa i jej szerokość wynosi 2,80 m. Woda ze zbiornika głównego zrzucana jest do niecki wypadowej o głębokości 2,0 m, zlokalizowanej poniżej jazu piętrzącego. Maksymalny wydatek upustów przy piętrzeniu maksymalnym równym 218,00 m n.p.m., wynosi  $173,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przepływ zrzutowy wód ze zbiorników jest większy od przepływu brzegowego rzeki Dłubni, wynoszącego  $70,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W prawym filarze jazu znajduje się przepławka dla ryb. W celu kontroli stanu wody w zbiorniku zamontowano łatę wodowskazową na prawym przyczółku, dla której poziom zera przyjęto na rzędnej 211,58 m n.p.m. dla poziomu Amsterdam [Operat wodno-prawny... 2003]. Druga łata wodowskazowa znajduje się poniżej niecki wypadowej jazu.

## METODYKA

Ocenę stanu technicznego jazu przeprowadzono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Zawadzkiego [2005]. W trakcie prac terenowych dokonano oceny technicznej poszczególnych elementów budowli piętrzącej, takich jak elementy stałe i ruchome oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe, określając ich wygląd i stan. Sprawdzone występowanie pęknięć, ubytków, odsłonień zbrojenia, nacieków i przesiąków, przebarwień, porostów na elementach stałych (korpus, przyczółki, ubezpieczenia). Określając stan zamknięć i mechanizmów wyciągowych, ocenia się ich konserwację, a także występowanie korozji i odkształceń elementów ruchomych. Według metodyki zaproponowanej przez Zawadzkiego [2005] określa się również wyposażenie budowli w urządzenia kontrolno-pomiarowe, a w szczególności w repery, piezometry oraz wodowskazy od strony górnej i dolnej wody.

Oceniając stan techniczny poszczególnych elementów budowli, tj. elementów stałych i ruchomych oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych, przyjmuje się oceny w skali od 0 do 5, uwzględniając występowanie i natężenie niekorzystnych lub szkodliwych procesów. Według tej skali ocen 5 oznacza stan bardzo dobry (brak niekorzystnych procesów), 4 – stan dobry, 3 – stan zadowalający, 2 – stan niezadowalający, 1 – stan zły (bardzo duże natężenie niekorzystnych procesów). W przypadku braku urządzeń kontrolno-pomiarowych, wymaganych dla danej budowli wodnej, należy przyjąć ocenę 0, oznaczającą stan niedopuszczalny. O ocenie końcowej decyduje średnia arytmetyczna z ocen cząstkowych.

Ocenę techniczną jazu zapory zbiorników wodnych w Zesławicach wykonano w dwóch fazach diagnostyki. Ocenę wykonało osiem dwu-, trzyosobowych grup słuchaczy studiów dziennych drugiego stopnia Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W pierwszej fazie przeprowadzona została ocena stanu technicznego badanego obiektu bez instruktora wstępnego. Po opracowaniu tej oceny studenci inżynierowie zostali szczegółowo poinstruowani przez opiekuna o zasadach opracowania oceny technicznej obiektu, z wyjaśnieniem procesów szkodliwych dla budowli wodnej, oraz warunkach i symptomach ich przebiegu. Kolejna ocena została opracowana po przeszkoleniu studentów, a wyniki zarówno pierwszej, jak i drugiej fazy oceny technicznej badanego jazu porównano z wynikami tzw. eksperta – opiekuna studentów w czasie zajęć terenowych.

Określono zmianę wyników na podstawie różnicy sum kwadratów reszt obliczonych na podstawie wyników ocen drugiej i pierwszej fazy diagnostyki. Przyjęto za podstawę

tej analizy stwierdzenie, że pojedyncza różnica wyników ocen cząstkowych wynosząca 2 punkty jest poważniejsza niż dwie różnice wyników, z których każda wynosi 1 punkt. Obliczono sumy kwadratów reszt ocen cząstkowych każdej grupy z pierwszej i drugiej fazy, a następnie różnice sum kwadratów reszt. W tej analizie potraktowano oceny cząstkowe eksperta jako zmienną endogeniczną ( $\hat{y}$ ), a oceny cząstkowe grup studentów jako wynik modelu ( $y$ ). Sumę kwadratów reszt ( $SSE$ ), czyli wariancję składnika resztowego, stosowaną często jako wskaźnik braku dopasowania w statystycznych procedurach dopasowania, obliczono według wzoru [Aczel 2005]:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

gdzie:

$y_i$  – ocena grupy studentów dla  $i$ -tego elementu,

$\hat{y}_i$  – ocena eksperta dla  $i$ -tego elementu.

Porównane zostały również oceny średnie z poszczególnych faz i odchylenia standardowe w celu oceny zróżnicowania ocen końcowych [Volk 1973], pomimo że oceny poszczególnych elementów obiektu mogły być różne przy tej samej średniej ocenie.

W kolejnej analizie wyników porównano sumy kwadratów reszt dla każdego elementu, który podlegał ocenie studentów, przed instruktorem oraz po nim. Podobnie jak w przypadku analizy ocen przyznanych przez poszczególne grupy studentów, za zmienną endogeniczną przyjęto ocenę elementu sformułowaną przez eksperta.

## WYNIKI

Wszystkie noty cząstkowe elementów stałych, elementów ruchomych i urządzeń kontrolno-pomiarowych z dwóch faz oceny stanu technicznego budowli zestawiono w tab. 1. W tabeli tej zamieszczono również wyniki oceny dokonanej przez tzw. eksperta (E) – opiekuna studentów w zajęciach terenowych.

Zgodnie z oceną eksperta wynoszącą 3,9 (tab. 1) badany jaz można ocenić jako niespełna dobry. Najniższe oceny cząstkowe przyznane zostały elementom stałym ze względu na pęknięcia i przebarwienia. Natomiast elementy ruchome, ze względu na właściwą konserwację, stan mechanizmów wyciągowych i brak odkształceń, oceniono wysoko. Na obniżenie oceny stanu technicznego miał wpływ całkowity brak piezometrów, które są wymaganymi urządzeniami kontrolno-pomiarowymi zgodnie z rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska [Rozporządzenie... 1996]. Według tego rozporządzenia w urządzeniach kontrolno-pomiarowe powinny być wyposażone wszystkie budowle hydrotechniczne z wyjątkiem obiektów o wysokości piętrzenia mniejszej niż 2 m i pojemności zbiornika mniejszej od 50 tys. m<sup>3</sup>.

Oceny końcowe, tj. wartości średnie oceny, zamieszczone w ostatnim wierszu tab. 1, ustalone przez osiem grup studentów w pierwszej fazie oceny stanu technicznego jazu są niższe od oceny eksperta. Średnia z ocen końcowych ośmiu grup wynosi 3,1, a ocena eksperta – 3,9. Świadczy to o bardziej surowej i bardziej restrykcyjnej ocenie inżynierów bez przeszkolenia i bez doświadczenia. Natomiast w drugiej fazie oceny, po instruktora

Tabela 1. Ocena stanu technicznego jazu zapory zbiorników w Zesławicach  
 Table 1. Assessment of the technical state of the dam weir of Zesławice water reservoirs

Stan techniczny Technical state	Oceny grup i eksperta (E) Assessments of groups and expert's (E)																	
	Pierwsza faza First phasis								Druga faza Second phasis									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	E	
A. Elementy stałe – Solid elements																		
Powierzchnia Surface	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	
Pęknięcia Cracks	3	4	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	
Ubytki Decrements	3	3	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	4	5	4	4	4	
Odsłonięcia zbrojenia Uncover of reinforcement	3	3	3	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	5	4	
Nacieki, przesiąki Dripstones, leakages	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	
Przebarwienia Tints	3	3	3	2	2	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	
Porosty Lichens	3	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	
B. Elementy ruchome – Movable elements																		
Zamknięcia Gates	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	
Mechanizm wyciągowy Drawing gears	4	4	3	3	4	4	4	3	5	4	4	4	5	4	4	4	5	
Odształcenia Deformations	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	5	4	5	4	4	4	5	
Korozja Corrosion	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	5	4	3	3	4	
Konserwacja Conservation	3	3	3	4	4	3	3	1	4	4	4	3	5	3	4	1	5	
C. Urządzenia kontrolno-pomiarowe – Monitoring and measurement devices																		
Repery Bench-marks	4	4	3	4	3	4	3	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	
Piezometry Piezometers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wodowskazy Water-gauges	5	4	3	3	3	4	3	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	
Tablice informacyjne Information boards	5	4	3	3	4	3	3	3	5	5	3	3	5	5	3	4	4	
Średnia ocena Mean assessment value	3,3	3,1	2,8	2,9	3,2	3,3	3,1	3,0	3,8	3,8	3,6	3,4	4,0	3,9	3,6	3,6	3,9	

Tabela 2. Różnice wyników oceny i sumy kwadratów reszt w ocenie stanu technicznego jazu zapory zbiorników w Zesławicach

Table 2. The differences of the results of assessment and the sum of the squared residual of assessment of the technical state of the dam weir of Zeslawice water reservoirs

Stan techniczny Technical state	Różnice wyników ocen cząstkowych The differences of the results of partial assessment																Sumy kwadratów reszt dla każdego elementu Sums of the squared residual for each element	
	Pierwsza faza First phasis								Druga faza Second phasis								SSE <sub>1</sub>	SSE <sub>2</sub>
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
A. Elementy stałe – Solid elements																		
Powierzchnia Surface	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	8	1
Pęknięcia Cracks	0	1	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	4	2
Ubytki Decrements	-1	-1	-1	-2	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	0	0	8	5
Odslonięcia zbrojenia Uncover of reinforcement	-1	-1	-1	-1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	5	5
Nacieki, przesiąki, leki Dripstones, leakages	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	6	4
Przebarwienia Tints	0	0	0	-1	-1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	2	6
Porosty Lichens	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	14	2
B. Elementy ruchome – Movable elements																		
Zamknięcia Gates	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1
Mechanizm wyciągowy Drawing gears	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	17	6
Odkształcenia Deformations	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	14	9
Korozja Corrosion	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	0	0	-1	1	0	-1	-1	6	4
Konserwacja Conservation	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-4	-1	-1	-1	-2	0	-2	-1	-4	38	28
C. Urządzenia kontrolno-pomiarowe – Monitoring and measurement devices																		
Repery Bench-marks	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-2	0	0	0	0	0	0	-1	0	20	1
Piezometry Piezometers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wodowskazy Water-gauges	1	0	-1	-1	-1	0	-1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	5	3



Tabela 2 cd. – Table 2 cont.

Tablice informacyjne Information boards	1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	0	6	7
Suma kwadratów reszt $SSE$ The sum of the squared residuals $SSE$	17	18	26	20	13	12	16	34	10	8	8	10	4	13	9	22		

$SSE_1$  i  $SSE_2$  – sumy kwadratów reszt dla każdego elementu, obliczonymi odpowiednio dla ocen pierwszej i drugiej fazy diagnostyki

opiekuna, średnia z ocen końcowych ośmiu grup studentów wyniosła 3,7. Równocześnie, w wyniku przeprowadzenia instruktażu, uzyskano nieznacznie większe zróżnicowanie ocen końcowych. W pierwszej fazie odchylenie standardowe tych ocen wynosi 0,26, a w drugiej fazie jest równe 0,29.

Określenie poprawy oceny stanu technicznego jazu w wyniku przeprowadzonego instruktażu prześledzono na podstawie obliczonych różnic wyników ocen cząstkowych poszczególnych grup i ocen cząstkowych eksperta dla każdej fazy (tab. 2). W ostatnim wierszu oraz dwóch kolumnach prawej części tab. 2 zamieszczono sumy kwadratów reszt wyników ocen cząstkowych. Wartości  $SSE$  w ostatnim wierszu tab. 2 zostały obliczone według wzoru (1) jako różnice wyników ocen danej grupy studentów i oceny eksperta. Wartości te obliczono dla wyników pierwszej i drugiej fazy. Natomiast w dwóch kolumnach prawej części tab. 2 zamieszczono wartości  $SSE_1$  i  $SSE_2$ , będące sumami kwadratów reszt obliczonymi dla każdego elementu, którego wyniki oceny zawarte są w poszczególnych wierszach.

Tabela 3. Zmiana wyników oceny grup na podstawie obliczonej różnicy sum kwadratów reszt ( $\Delta SSE$ )Table 3. The change of assessment results of groups on the basis of the counted difference of the sums of the squared residuals ( $\Delta SSE$ )

Grupy Groups	Sumy kwadratów reszt ( $SSE$ ) The sum of the squared residuals ( $SSE$ )		Różnice sum kwadratów reszt ( $\Delta SSE$ ) The differences of the sums of the squared residuals ( $\Delta SSE$ )
	Pierwszy etap First stage	Drugi etap Second stage	
I	17	10	7
II	18	8	10
III	26	8	18
IV	20	10	10
V	13	4	9
VI	12	13	-1
VII	16	9	7
VIII	34	22	12

Różnice sum kwadratów reszt (tab. 3) umożliwiły określenie zmiany wyników ocen stanu technicznego jazu wykonanej przez poszczególne grupy studentów. W rezultacie instruktazru jakość ocen siedmiu grup studentów poprawiła się w istotnym stopniu. Jedynie w przypadku jednej grupy, tj. grupy VI, stwierdzono pogorszenie się wyników oceny po instruktazru. Różnice  $SSE$ , a także odchylenia standardowe ocen końcowych wskazują, że po instruktazru studenci trafniej oceniają stan techniczny obiektu.

Oprócz analizy zmiany wyników oceny poszczególnych grup po przeprowadzeniu instruktazru obliczono sumy kwadratów reszt w odniesieniu do poszczególnych elementów ocenianego obiektu (tab. 4). W przypadku większości elementów wynik oceny uległ zwiększeniu, a w przypadku oceny powierzchni betonów, stanu zamknięć i uzbrojenia jazu w repery uzyskano wartości zbliżone do oceny eksperta – suma kwadratów różnic, obliczona dla oceny drugiej fazy, wynosi 1 (tab. 4). Znaczną poprawę wyników uzyskano w ocenie reperów oraz porostów – największe wartości różnicy kwadratów reszt. W przypadku dwóch elementów, tj. w ocenie przebarwień i tablic informacyjnych, odnotowano wzrost  $SSE$  w drugiej fazie oceny. Ocena przebarwień może stwarzać najwięcej problemów, gdyż konieczna jest tu wiedza dotycząca przebiegu procesów karbonatyzacji i korozji chemicznej betonu oraz diagnozowania symptomów tych procesów. Najwięcej kontrowersji może budzić ocena tablic informacyjnych obiektu oraz określenie wpływu ich umiejscowienia lub ich braku na stan techniczny obiektu i warunki jego właściwej eksploatacji.

Tabela 4. Zmiana wyników oceny elementów na podstawie obliczonej różnicy sum kwadratów reszt ( $\Delta SSE$ )

Table 4. The change of assessment results of elements on the basis of the counted difference of the sums of the squared residuals ( $\Delta SSE$ )

Stan techniczny Technical state	Suma kwadratów różnic – pierwsza faza ( $SSE_1$ ) The sum of the squared residuals – first phasis ( $SSE_1$ )	Suma kwadratów różnic – druga faza ( $SSE_2$ ) The sum of the squared residuals – second phasis ( $SSE_2$ )	Różnice sum kwadratów reszt ( $\Delta SSE$ ) The differences of the sums of the squared residuals ( $\Delta SSE$ )
A. Elementy stałe – Solid elements			
Powierzchnia Surface	8	1	7
Pęknięcia Cracks	4	2	2
Ubytki Decrements	8	5	3
Odstonięcia zbrojenia Uncover of reinforcement	5	5	0
Nacieki, przesiąki Dripstones, lekages	6	4	2
Przebarwienia Tints	2	6	-4

Tabela 4 cd. – Table 4 cont.

Porosty Lichens	14	2	12
B. Elementy ruchome – Movable elements			
Zamknięcia Gates	3	1	2
Mechanizm wyciągowy Drawing gears	17	6	11
Odkształcenia Deformations	14	9	5
Korozja Corrosion	6	4	2
Konserwacja Conservation	38	28	10
C. Urządzenia kontrolno-pomiarowe – Monitoring and measurement devices			
Repery Bench-marks	20	1	19
Piezometry Piezometers	0	0	0
Wodowskazy Water-gauges	5	3	2
Tablice informacyjne Information boards	6	7	-1

## WNIOSKI

Ocena stanu technicznego jazu zapory zbiorników wodnych w Zesławicach wskazuje na dobry stan elementów stałych tego jazu. Na wszystkich elementach betonowych widoczne są pęknięcia i przebarwienia, wskazujące na stan zadawalający obiektu. Są one jednak przyczyną obniżenia oceny elementów stałych jazu. Znacznie wyższą ocenę uzyskały elementy ruchome. Zamknięcia i urządzenia wyciągowe są właściwie konserwowane, bez deformacji i korozji. Diagnozowany obiekt wyposażony jest w repery powierzchniowe i wodowskazy. Ocena urządzeń kontrolno-pomiarowych, jak również całkowita ocena obiektu została obniżona z powodu braku wymaganych piezometrów. Zgodnie z oceną eksperta, wynoszącą 3,9, stan jazu zapory zbiorników wodnych w Zesławicach został określony jako niespełna dobry.

Ze względu na subiektywność oceny stanu technicznego istotne jest odpowiednie przygotowanie specjalistów podejmujących się diagnostyki budowli hydrotechnicznej. Brak odpowiedniego przeszkolenia inżyniera w zakresie wiedzy na temat budownictwa wodnego sprawia, że nie ma gwarancji, iż ocena stanu technicznego budowli wodnej będzie optymalna. Zainicjowane badania dotyczące wpływu kompetencji osób dokonujących oceny technicznej budowli wodnej na wynik oceny wykazały, że niedostateczna wiedza i brak doświadczenia osób kontrolujących stan techniczny przyczynia się zaniżeniu wyników oceny.

## PIŚMIENNICTWO

- Aczel A.D., 2005. Statystyka w zarządzaniu. PWN Warszawa.
- Bednarczyk T., 1994. Określenie ilości unoszonego rumowiska w przekroju małego zbiornika wodnego w Zesławicach. Zesz. Nauk. AR Krak. 291, Inż. Środ. 15, 7–18.
- Instrukcja gospodarowania wodą, utrzymania i eksploatacji zbiornika, 2003. Maszynopis. Krakowski Związek Spółek Wodnych Kraków.
- Kledyński Z., 2006. Remonty budowli wodnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa.
- Operat wodno-prawny na piętrzenie i retencjonowanie wody. Zbiornik wodny Zesławice na rzece Dłubni, 2003. Maszynopis. Archiwum Krakowskiego Związku Spółek Wodnych Kraków.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne. Dz.U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229, z późn. zm. (tekst jednolity: Dz.U. z 2012 r. Nr 0, poz. 145).
- Volk W., 1973. Statystyka dla inżynierów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa.
- Zawadzki P., 2005. Stan techniczny jazów na terenie miasta Poznania. Roczn. AR Pozn. 365, ser. Melior. Inż. Środ. 26, 535–544.

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 12.12.2012*